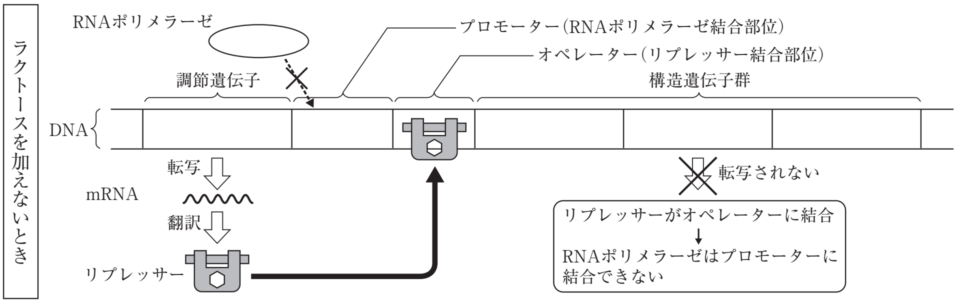
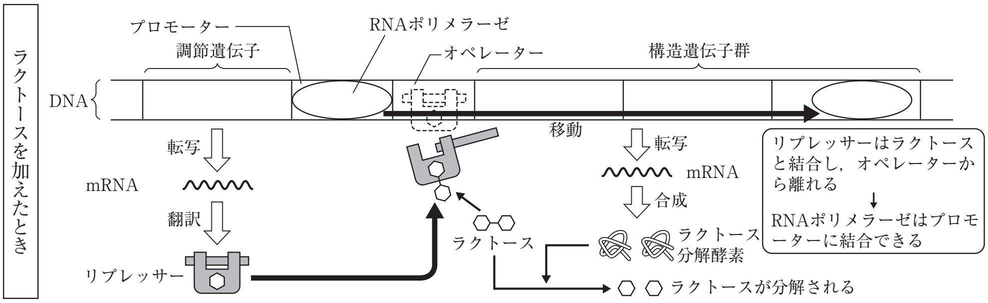
第23講　遺伝子発現の調節

■原核生物の遺伝子発現調節・オペロン

…原核生物のDNA上では機能的に関連のある遺伝子が隣接しており，調節タンパク質とオペレーターの作用によりまとめて転写される場合が多い。この同時に転写される遺伝子群をオペロンと呼ぶ。

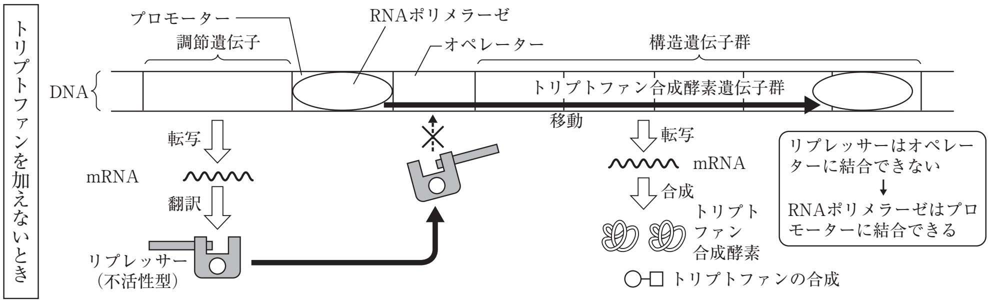
◆ラクトースオペロン　…　ラクトース分解酵素の合成調節機構

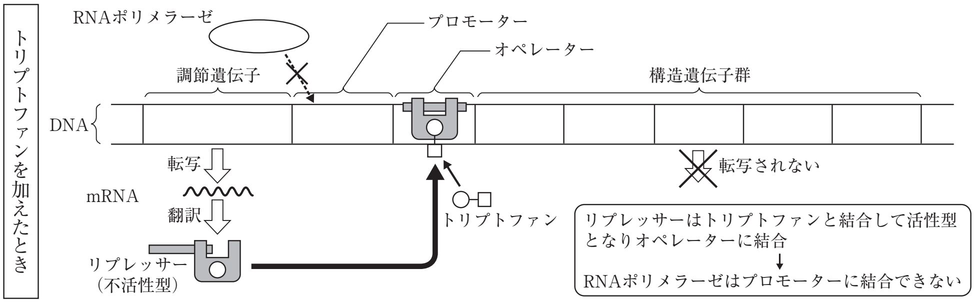




©RECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

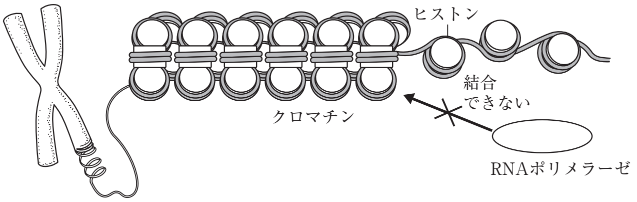
◆**トリプトファンオペロン**　…　トリプトファン合成酵素の合成調節機構





■真核生物の遺伝子発現調節

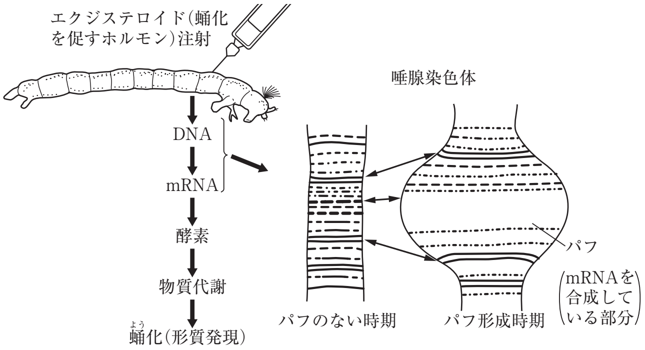
…真核生物では，DNAとヒストンからなるヌクレオソーム構造が緩むことで，転写活性が上がる。さらに，真核生物ではRNAポリメラーゼがDNAに結合するためには基本転写因子と呼ばれるタンパク質が必要であり，その遺伝子発現にはさらに様々な要素が関係している。



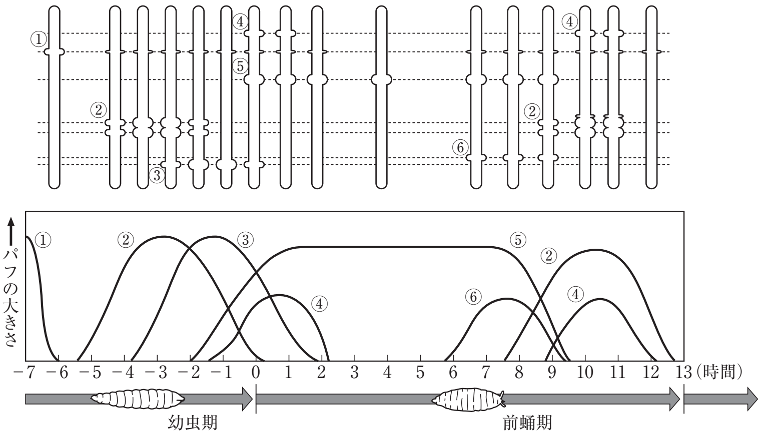
ⒸRECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

◆パフ

…ショウジョウバエやユスリカの唾腺染色体は巨大であり，染色体上で転写が行われている部分がパフという膨らみとして観察される。パフの位置は発生段階に応じて変わる。



●変態に伴うパフの変化



・発生段階に応じて異なる遺伝子が活性化することにより，分化が進み，形態がつくられる。

ⒸRECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第23講　演習問題

遺伝情報の転写と翻訳に関する次の文章を読み，問1～5に答えよ。

原核生物では核膜がないため，合成途中のmRNAに(　1　)が結合して翻訳が始まる。一方，真核生物では，DNAは核内に存在し，1つの遺伝子の塩基配列中に，最終的にタンパク質に翻訳される(　2　)と翻訳されないイントロンの各領域がある。DNAを鋳型にして，まず前駆体mRNAが合成される。この前駆体mRNAから，イントロンが切り取られ，(　2　)だけがつなぎ合わされた成熟型mRNAができる。この過程を(　3　)という。

大腸菌では，酵素遺伝子の発現は，一般に転写の段階で調節タンパク質によって調節されている。例えば，培地にトリプトファンが含まれない場合，図1に示すように，トリプトファン合成酵素遺伝子群の調節タンパク質は，単独ではオペレーターに結合できない。この場合，RNAポリメラーゼはプロモーターに結合し，トリプトファン合成酵素遺伝子群の転写が起こる。その結果，トリプトファン合成に関係する酵素群の合成が始まる。また，培地にラクトースが含まれず，大腸菌が糖としてグルコースのみを利用している場合には，ラクトース分解酵素遺伝子群の調節タンパク質はオペレーターに結合する。そのため，RNAポリメラーゼはプロモーターに結合できず，ラクトース分解酵素遺伝子群の転写は起こらない。しかし，大腸菌をグルコースの代わりにラクトースを含む培地に移すと，転写が開始され，ラクトース分解酵素群が合成される。このように，大腸菌では環境変化に応じて酵素遺伝子群の発現が調節されている。

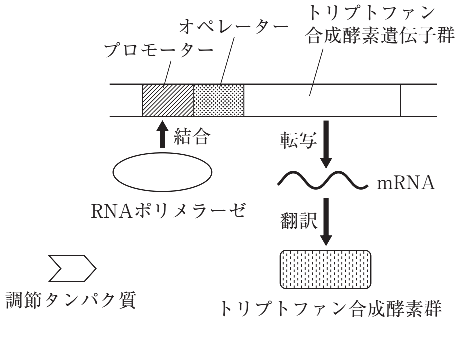


図1

問1　文中の(　1　)～(　3　)に適切な語句を記入せよ。

問2　文中の(　3　)の過程は，細胞のどこで行なわれるか。

©RECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

問3　文中の下線部のように，真核生物において1つの遺伝子が複数のイントロンで分断されていることと，mRNAの合成において文中の(　3　)の過程が起こることから考えて，真核生物における遺伝子の転写において最も可能性の高い事柄はどれか。次の(イ)〜(ニ)から選び，記号で答えよ。

(イ)　1つの遺伝子から複数種の成熟型mRNAを合成できる
(ロ)　2つの異なる遺伝子から1種類の成熟型mRNAを合成できる
(ハ)　合成される成熟型mRNAの長さは，遺伝子に含まれるイントロンの数に比例する
(ニ)　切り取られたイントロンが組み合わされて新たな遺伝子がつくられ，再び転写が起こる

問4　大腸菌の培地中にトリプトファンが存在すると，トリプトファン合成酵素遺伝子群の転写は抑制される。この調節の仕組みとして，最も適切なものはどれか。次の(イ)〜(ニ)から選び，記号で答えよ。

(イ)　トリプトファンと結合した調節タンパク質が，RNAポリメラーゼ活性を直接阻害する
(ロ)　トリプトファンと結合した調節タンパク質が，プロモーターとオペレーターの両方に結合し，RNAポリメラーゼがDNAに結合することができない
(ハ)　トリプトファンと結合した調節タンパク質が，プロモーターに結合し，RNAポリメラーゼが結合できない
(ニ)　トリプトファンと結合した調節タンパク質が，オペレーターに結合し，RNAポリメラーゼがプロモーターに結合できない

問5　大腸菌の培地にグルコースがなく，ラクトースが含まれていると，ラクトースから誘導された物質がラクトース分解酵素遺伝子群の転写を開始させる。ラクトースから誘導された物質のはたらきとして最も適切な説明を，次の(イ)〜(ニ)から選び，記号で答えよ。

(イ)　RNAポリメラーゼに結合し，活性を促進する
(ロ)　調節タンパク質の遺伝子の転写を抑制する
(ハ)　オペレーターに結合している調節タンパク質に結合し，調節タンパク質をオペレーターからはずす
(ニ)　オペレーターに結合している調節タンパク質に結合し，オペレーターの立体構造を変化させ，RNAポリメラーゼをはたらきやすくする

©RECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第23講　確認テスト

培地にグルコースがあるとき，大腸菌のラクトースオペロンの転写は抑制されている。グルコースがなくラクトースを含む培地に大腸菌が移されると，ラクトースオペロンの転写がはじまり，ラクターゼ(＝ガラクトシダーゼ)が誘導され，大腸菌はラクトースを利用できるようになる。こうした大腸菌のラクトースオペロンに関する問い(問１～４)に答えなさい。

問１　ラクターゼに関する正しい記述はどれか。

①　ラクトースから脱水素反応によりグルコースをつくる分解酵素である。

②　グルコースとフルクトースの結合を分解する加水分解酵素である。

③　グルコースとガラクトースの結合を分解する加水分解酵素である。

④　グルコースが二つ結合した二糖類を分解する加水分解酵素である。

⑤　ラクトースからガラクトースをへて，グルコースをつくる加水分解酵素である。

問２　ラクトースオペロンの転写を調節する仕組みに関する記述の中で，**誤っているもの**はどれか。２つ選びなさい。ただし，解答の順序は問わない。

①　調節遺伝子から翻訳された抑制物質(リプレッサー)がオペレーターに結合していると，RNAポリメラーゼがプロモーターに結合できない。

②　ラクトースオペロンの転写に対して，抑制物質としてはたらくのはグルコースである。

③　誘導物質が抑制物質と複合体をつくるので，抑制物質の立体構造が変化しオペレーターに結合できない。

④　RNAポリメラーゼがプロモーターに結合できるようになると，ラクトースオペロンの転写がはじまる。

⑤　調節遺伝子は，ラクトースの有無にかかわらず転写されている。

⑥　ラクトースオペロンの転写がはじまると，ラクターゼのみが選択的に誘導される。

©RECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

問３　ある変異が生じた大腸菌では，培地にラクトースを加えなくてもラクターゼが合成されていた。このことはどのような変異が生じたことによると考えられるか。２つ選びなさい。ただし，解答の順序は問わない。

① 酵素をつくる遺伝子が変異して，抑制物質がオペレーターに結合したままになった。
② オペレーターが変異して，グルコースと抑制物質との複合体と結合するようになった。
③ オペレーターが変異して，抑制物質とオペレーターとが結合できなくなった。
④ 調節遺伝子が変異して，抑制物質がオペレーターに結合できなくなった。
⑤ プロモーターが変異して，抑制物質が合成されなくなった。
⑥ グルコース分解酵素の遺伝子が変異した。

問４　ラクトースを含む培地の中にア～オの中のある薬品を添加すると，ラクターゼが合成されなくなる。ラクターゼが合成されなくなると考えられる薬品はどれか。

ア　DNAポリメラーゼのはたらきを阻害する薬品
イ　紡錘糸形成を阻害する薬品
ウ　RNAポリメラーゼのはたらきを阻害する薬品
エ　ペプチド結合の形成を阻害する薬品
オ　細胞膜の脂質二重層だけをこわすはたらきがある薬品

① ア，イ　② ア，イ，オ　③ ア，ウ，オ　④ ア，エ
⑤ イ，ウ，エ　⑥ イ，エ　⑦ イ，オ　⑧ ウ，エ
⑨ エ，オ

ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

＜Note＞

ⒸRECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第23講　演習問題

問１　１，リボソーム　　２，エキソン　　３，スプライシング
問２　核
問３　(イ)
問４　(ニ)
問５　(ハ)

ⒸRECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第23講　確認テスト

問１　③　　問２　②，⑥（順不同）
問３　③，④（順不同）　　問４　⑧

【解説】

問１　ラクトースは単糖であるグルコースとガラクトースが結合した二糖であり，ラクターゼはこれらの結合を加水分解する酵素である。ゆえに，③が正しい。

問２　ラクトースオペロンの転写調節機構では，ラクトースが存在しない条件では調節遺伝子から発現された抑制物質がオペレーターに結合することでRNAポリメラーゼのプロモーターへの結合が阻害され，ラクトース代謝遺伝子群の転写が抑制される。ラクトースが存在すると，ラクトースが抑制物質に結合することで抑制物質のオペレーターへの結合が阻害され，RNAポリメラーゼがプロモーターに結合しラクトース代謝遺伝子群の転写が進められる。ラクトース代謝遺伝子群にはラクターゼ以外にもラクトースの代謝に必要な酵素の遺伝子が含まれる。②について，抑制物質として働くのは調節遺伝子から発現されるタンパク質であり，グルコースではない。⑥について，オペロンとは一つの調節機構によって発現が制御される遺伝子の一群をさし，この場合ラクターゼ以外の遺伝子も含まれる。ゆえに，②と⑥が誤っている。

問３　野生型の大腸菌では，ラクトースが培地にある場合のみラクターゼが合成されるが，なんらかの変異により抑制物質がオペレーターに結合できなくなることで，外的条件によらずラクターゼが合成されるようになる。抑制物質がオペレーターに結合できるのは，抑制物質の特異的な立体構造とオペレーターの構造に対応関係があるからであり，そのどちらかが失われれば両者は結合できなくなる。ゆえに，③と④が正しい。

問４　ラクターゼの合成，すなわち遺伝子が発現されるためには，転写と翻訳の過程が必要となる。アは遺伝子の複製を阻害，イは細胞分裂の阻害ではあるがともに転写と翻訳は阻害されない。ウは転写を阻害することになり，エは翻訳を阻害することとなる。オは大腸菌を破壊してしまうが，内部のタンパク質合成に関わるリボソームなどの構造は残るので，菌体自体が破壊されたとしても転写と翻訳は進行する。ゆえに，⑧ウ，エが正解となる。

ⒸRECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。